

令和 5 年 6 月 15 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K10833

研究課題名(和文)足の变形による下肢筋への影響とその回復に関する形態機能学的解析

研究課題名(英文)Effects on muscles of the lower limb by damages on the foot and possibility of recovery -Morpho-functional analyses-

研究代表者

河野 史 (Kawano, Hitoshi)

佐賀大学・医学部・客員研究員

研究者番号：10152985

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：幼少期や成人期の不適切サイズの靴着用は下肢筋の成長や歩行に影響する。各時期に相当するラット右足に樹脂を1週間装着し、締め付けによる下腿筋への影響を筋細胞短径を指標に調べた。また除去1週間後の筋細胞短径の変化から回復の可能性を調べた。離乳直後のラットでは装着側の外側腓腹筋とヒラメ筋の細胞短径は非装着側に比べ減少した。内側腓腹筋では増加したが、前脛骨筋に差はなかった。除去1週間後、装着側の内側・外側腓腹筋細胞短径は非装着側と同等まで回復した。成ラットでは装着側の内側腓腹筋で非装着側に比べて減少したが、除去1週間後には回復した。他の筋では装着による短径の差はなかった。足育の重要性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

幼少期のタイトな靴の着用は歩行の際の地面を蹴る動作に必要な踵の挙上に関与する筋に悪影響を及ぼすことが示唆された。しかし、足への負荷が除かれれば、すべての筋ではないものの、成長が回復する筋があることが明らかとなった。以上のことから、筋の正常な成長には幼少期に適切な靴を着用することが重要であり、そのための「足育」を啓蒙する必要性が示された。

研究成果の概要(英文)：Wear of unsuitable sized shoes during childhood and adulthood affects development of the lower limb muscles. An artificial shoe made of resin was equipped for 1 week to the right foot of rats aged 3 weeks, the next day of weaning (Y1+0), or 8 weeks corresponding to adolescence (A1+0). The mean of the short diameter (MSD) of muscle cells of the medial and lateral gastrocnemius, soles and anterior tibial muscles (MG, LG, So and AT, respectively) was measured. The same measurement was obtained from rats with 1 week after the removal of the resin (Y1+1 and A1+1). At Y1+0, the MSD of the LG and So of the operated leg (OpL) was significantly smaller than the non-operated leg (NoL). The MSD of the MG was larger but that of the AT was not changed. At Y1+1, the MSD of the MG and LG of the OpL was returned to the level of the NoL. A1+0, the MSD of the MG of the OpL was smaller than the the NoL, but it returned to the level of the NoL at A1+1. Importance of foot education for posture is suggested.

研究分野：組織学一般

キーワード：タイトな靴 ラット 後肢筋 発育

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

歩行や身体の重心の保持には下肢筋が適切にはたらくことがきわめて重要な要素である。これが乱れると内臓の正常な活動に支障が生じるほか、転倒の危険性も高まる。

下肢には股関節、膝関節、足関節(足首)が主要な関節として存在しており、歩行や身体の重心の保持のためにはこれらの関節のスムーズな運動や関節の適切な固定(保持)がなされなければならない。それぞれの関節には関節を曲げる筋肉(屈筋)と伸ばす筋肉(伸筋)が付随しており、屈筋と伸筋が規則正しく交互に収縮することにより歩行が可能となり、また両筋がバランスよく収縮することにより関節の固定がなされる。股関節では腸腰筋と大腿直筋(大腿四頭筋)が屈筋、大殿筋が伸筋として、膝関節では大腿二頭筋が屈筋、大腿直筋が伸筋として、足関節では腓腹筋とヒラメ筋(下腿三頭筋)が屈筋(底屈筋)、前脛骨筋が伸筋(背屈筋)としてそれぞれの関節運動に関与している。

近年、歩行や幼少期の外での遊びの機会が少なくなり運動量が減ったことで扁平足や外反母趾、浮き趾などの足の変形が増えている(1)。足の変形には適切な靴選びがなされていないことも影響している。つまり、ファッション性を優先して不適切なサイズの靴を着用することや、幼少期に靴の履き替えが不適切であること(こどもは成長が著しいため、おもに経済的理由により保護者は大きめのサイズの靴を与えたのち、靴が窮屈になりこどもが痛みを訴えるまで新しい靴に履き替えない)などが挙げられる(2-5)。足の変形により足の十分な接地が妨げられ、歩行や身体の重心の保持に支障が生じることが考えられる。その結果、下肢筋の十分な運動がなされず、それがまた歩行や身体の重心の保持を妨げる(6)という悪循環に陥ることになる。

- 1 原田碩三, 幼児の 1980 年と 2000 年の足について, 靴の医学, 15, 14 - 18, 2002
- 2 大野貞枝, 木下洋子, 柴田祥江, 荻原一輝, 田中洋一, 成長期の足と靴との適合と外反母趾, 靴の医学, 10, 155-161, 1997
- 3 小野直洋, 塚本裕二, 酒向俊治, 日高滋紀, 松永勝也, FootGrapher による幼稚園児の足型測定 - 扁平足と通園形態の関係, 靴の医学, 19, 52-55, 2006
- 4 永山理恵, 横尾浩, 大山貴裕, 内田俊彦, 佐々木克則, 小学生の足型計測(第 2 報), 靴の医学 19, 117 - 120, 2006
- 5 榎原美鈴, 山邊素子, 小学生の足型異常(扁平足・外反母趾・浮き趾)と上靴の実態調査, 日本看護研究学会雑誌, 38, 157, 2015
- 6 生田香明, 遊び足りない子どもの足の危機, チャイルドヘルス, 8, 26-29, 2005

### 2. 研究の目的

足の変形や歩行機会の減少により、下肢筋には発育不全や萎縮が生じるものと思われる。しかしながら、影響を受ける筋や、影響を受ける時期や期間などについてはこれまで十分には明らかにされていない。また、そのような悪環境が取り除かれた際、発育不全となった下肢筋の回復状況についても明らかにされていない。本研究では、不適切なサイズの靴をラットに装着することにより足に形態的な負荷(足の締め付け)を与えることで足の機能を抑制し(歩行機会の減少および姿勢保持の障害)、それにより後肢の筋に生じる影響について、影響を受ける筋、影響を受ける時期・期間、影響を受ける筋線維(筋細胞)の種類(速筋、遅筋)に着目して実験的に明らかにする。また、発育不全となった後肢の筋は回復の可能性はあるのか、あるならば、不適切な靴の着用時期・期間と除去後の期間とにどのような関連性があるのかについて検討する。得られた知見はこどもの靴着用に関する貴重な助言になり得るとともに、効果的な筋のトレーニングについてのきわめて示唆的なデータとなり得る。このデータをもとにした「足の健康」や「足育」は、こどもの下肢の正常な発育や高齢者の転倒予防の指導にも活用することができる。

### 3. 研究の方法

不適切なサイズの“靴”として、足趾および中足骨遠位部に至る右側足末端部に樹脂を装着した

(図1), ラットは生後3週目に離乳, 8週頃から繁殖可能となり思春期に相当する。樹脂の装着は生後3週間齢(Y群)または生後8週間齢(A群)から1週間で, 装着から1週間後に灌流固定した(それぞれY1+0群, A1+0群)。また筋の回復を検討するために, 樹脂の除去から1週間後に灌流固定した(それぞれY1+1群, A1+1群)。各群それぞれ3頭を用いた。

固定後, 内側・外側腓腹筋, ヒラメ筋, 前脛骨筋を剖出し, 筋長のほぼ中央部をパラフィン包埋した。厚さ5 $\mu$ mの切片をhematoxylin-eosin(HE)染色し, 各切片から任意の3視野を光線顕微鏡下でデジタル撮影した。画像処理ソフトimage Jを用いて各視野に見られる筋細胞の短径を計測し各群3個体分の平均短径を求め, 樹脂装着足と非装着足で比較した。検定にはStudent t-testを用い, 有意水準 =0.05とした。

#### 4. 研究成果

樹脂の装着期間ごとの各筋の筋細胞の短径を表1に示す。離乳時に樹脂を装着したY1+0群において, 樹脂非装着側の短径は, 内側腓腹筋 16.97 $\pm$ 0.28(平均 $\pm$ 標準誤差), 外側腓腹筋 23.55 $\pm$ 0.38, ヒラメ筋 23.03 $\pm$ 0.61, 前脛骨筋 17.20 $\pm$ 1.02で, 装着側の短径は, 内側腓腹筋 18.66 $\pm$ 0.27, 外側腓腹筋 20.85 $\pm$ 0.35, ヒラメ筋 21.40 $\pm$ 0.42, 前脛骨筋 17.69 $\pm$ 0.28であった。踵の挙上筋である外側腓腹筋とヒラメ筋の筋細胞のサイズ(短径)は樹脂装着側で有意に減少した。同じ挙上筋である内側腓腹筋は増加したものの, つま先の挙上筋である前脛骨筋には影響がなかった。

装着した樹脂を除去して1週間後のY1+1群において, 樹脂非装着側の短径は, 内側腓腹筋 28.64 $\pm$ 0.53, 外側腓腹筋 28.75 $\pm$ 0.43, ヒラメ筋 28.76 $\pm$ 0.40, 前脛骨筋 22.26 $\pm$ 0.79で, 装着側の短径は, 内側腓腹筋 28.48 $\pm$ 0.39, 外側腓腹筋 28.68 $\pm$ 0.36, ヒラメ筋 32.10 $\pm$ 0.59, 前脛骨筋 20.94 $\pm$ 0.22であった。樹脂装着側の内側・外側腓腹筋のサイズは非装着側と同程度であったものの, ヒラメ筋では増加, 前脛骨筋では減少した。

思春期に樹脂を装着したA1+0群において, 樹脂非装着側の短径は, 内側腓腹筋 43.33 $\pm$ 1.46, 外側腓腹筋 42.73 $\pm$ 1.08, ヒラメ筋 45.27 $\pm$ 1.23, 前脛骨筋 33.04 $\pm$ 0.65で, 装着側の短径は, 内側腓腹筋 37.40 $\pm$ 1.06, 外側腓腹筋 39.64 $\pm$ 1.18, ヒラメ筋 43.07 $\pm$ 1.14, 前脛骨筋 35.19 $\pm$ 0.85であった。内側腓腹筋において筋サイズの有意な減少が見られたが, 他の筋では見られなかった。

樹脂除去後のA1+1群において, 樹脂非装着側の短径は, 内側腓腹筋 40.51 $\pm$ 0.62, 外側腓腹筋 38.81 $\pm$ 0.67, ヒラメ筋 45.15 $\pm$ 0.96, 前脛骨筋 31.55 $\pm$ 0.43で, 装着側の短径は, 内側腓腹筋 41.93 $\pm$ 0.75, 外側腓腹筋 39.26 $\pm$ 0.67, ヒラメ筋 47.42 $\pm$ 1.00, 前脛骨筋 31.40 $\pm$ 0.55であった。

いずれの筋においても樹脂装着側と非装着側の筋のサイズに差は見られなかった。

これらの結果から, 幼少期のタイトな靴の着用は歩行の際の地面を蹴る動作に必要な踵の挙上に関与する筋に悪影響を及ぼすことが示唆された。しかし, 足への負荷が除かれれば, すべての筋ではないものの, 成長が回復する筋があることが明らかとなった。以上のことから, 筋の正常な成長には幼少期に適切な靴を着用することが重要であり, そのための「足育」を啓蒙する必要性が示された。

表 1 樹脂の装着期間ごとの各筋の筋細胞の短径

実験群	筋	筋細胞短径 mean±SEM (μm)		実験群	筋	筋細胞短径 mean±SEM (μm)	
		樹脂非装着側	樹脂装着側			樹脂非装着側	樹脂装着側
Y1+0 群	内側腓腹筋	16.97±0.28	18.66±0.27***	Y1+1 群	内側腓腹筋	28.64±0.53	28.48±0.39
Y1+0 群	外側腓腹筋	23.55±0.38	20.85±0.35***	Y1+1 群	外側腓腹筋	28.75±0.43	28.68±0.36
Y1+0 群	ヒラメ筋	23.03±0.61	21.40±0.42**	Y1+1 群	ヒラメ筋	28.76±0.40	32.10±0.59***
Y1+0 群	前脛骨筋	17.20±1.02	17.69±0.28	Y1+1 群	前脛骨筋	22.26±0.79	20.94±0.22***
A1+0 群	内側腓腹筋	43.33±1.46	37.40±1.06**	A1+1 群	内側腓腹筋	40.51±0.62	41.93±0.75
A1+0 群	外側腓腹筋	42.73±1.08	39.64±1.18	A1+1 群	外側腓腹筋	38.81±0.67	39.26±0.67
A1+0 群	ヒラメ筋	45.27±1.23	43.07±1.14	A1+1 群	ヒラメ筋	45.15±0.96	47.42±1.00
A1+0 群	前脛骨筋	33.04±0.65	35.19±0.85	A1+1 群	前脛骨筋	31.55±0.43	31.40±0.55

\*\*\*P<0.001, \*\*P<0.01, \*P<0.05

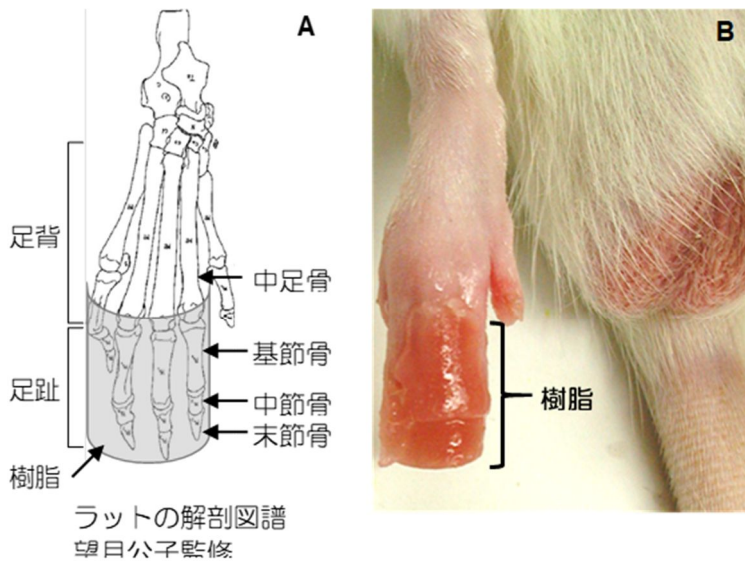


図 1 ラット右足の骨格模式図 (A) および樹脂装着部 (B)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 智恵子  (Suzuki Chieko)  (20569636)	佐賀大学・医学部・教授    (17201)	
研究分担者	新名 美佳  (Niina Mika)  (10828297)	兵庫医科大学・看護学部・助教    (34519)	
研究分担者	榎原 美鈴  (Narahara Misuzu)  (30727615)	産業医科大学・産業保健学部・助教    (37116)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関